



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Optimización de la Calidad de Palta 'Hass'

Herramientas Para Enfrentar Nuevos Desafíos



Editores:

Bruno Defilippi B.

Raúl Ferreyra E.

Sebastián Rivera S.

INIA La Cruz - INIA La Platina
Chile, 2015

ISSN 0717 - 4829

BOLETÍN INIA N° 307

El trabajo presentado en esta publicación fue financiado por los siguientes proyectos: Innova 08CT111UM-10; Innova11CEII-9568 y Fondecyt Regular 1130107. Además, este boletín es una actualización de Ferreyra E., Raúl y Defilippi B., Bruno (eds.). 2012. Factores de Precosecha que afectan la postcosecha de palta Hass. Clima, suelo y manejo. 100 p. Boletín INIA N° 248. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Cruz, La Cruz, Chile.

Directores responsables:

Ernesto Cisternas Arancibia, Dr.
Director Regional INIA La Cruz.

Manuel Pinto Contreras, Dr.
Director Regional INIA La Platina

Boletín INIA

Cita bibliográfica correcta:

Defilippi B., Bruno, Ferreyra E, Raúl y Rivera S, Sebastián (eds.). 2015. Optimización de la calidad de palta 'Hass': herramientas para enfrentar nuevos desafíos. 142p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

© 2015. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Centro Regional de Investigación La Cruz. Chorrillos 86. Comuna La Cruz. Teléfono fax (56-33) 321780. Casilla 3, La Cruz. Región de Valparaíso, Chile.
Centro Regional de Investigación La Platina. Santa Rosa 11.610. Comuna La Pintana. Teléfono fax (56-02) 25779100. Casilla 439, Correo 3. Región Metropolitana, Chile.

ISSN 0717 - 4829

Autoriza la reproducción total o parcial citando la fuente y/o autores.

Diseño y Diagramación: Jorge Berríos V., Diseñador Gráfico.
Impresión: Salesianos Impresores S.A.

Cantidad de ejemplares: 1.000

La Cruz, Chile, 2015

PREDICTORES DEL COMPORTAMIENTO EN POSTCOSECHA DE PALTA

<i>Raúl Ferreyra E.</i>	<i>Mary Lu Arpaia.</i>
<i>Bruno Defilippi B.</i>	<i>Daniela Karlezi Sch.</i>
<i>Jorge Saavedra T.</i>	<i>Jonathan Crane.</i>
<i>Gabriel Sellés Van Sch.</i>	<i>Bruce Schaffer.</i>
<i>Paula Robledo M.</i>	<i>Pilar Gil M.</i>

Chile exporta aproximadamente el 60% de su producción de palta. Sin embargo, el creciente aumento de las plantaciones en Chile, más la amenaza de otros países productores (como México y Perú), prevén una disminución de precios y una sobre oferta en destino, lo que implica un aumento en las exigencias en los mercados de destino. Arpaia (2003) en este sentido indica que la fruta chilena que llega a EE.UU. presenta una gran variación en maduración dentro de una misma caja y/o pallet (conocido como *checker boarding* en inglés) y, por lo tanto, es difícil predecir el tiempo de maduración dificultando su comercialización.

Según Ferreyra *et al.* (2007), los huertos en Chile se han plantado en una amplia gama de condiciones de suelo y clima, que junto a diferencias en el manejo del cultivo son responsables en gran medida de la alta variabilidad de la fruta en postcosecha. Además, a nivel de *packing* no se dispone de una estrategia que permita segregar la fruta de acuerdo a su potencial de vida de postcosecha. En otros frutales, como kiwi y manzanas, para disminuir esta variabilidad en los embarques se han desarrollado relaciones entre indicadores a nivel de campo y la vida de postcosecha de la fruta.

Por lo anterior, INIA con financiamiento de INNOVA-CORFO, ejecutó proyectos que tenían como objetivo conocer el efecto de diferentes indicadores de precosecha sobre la vida de postcosecha de la fruta, de manera de disponer de un procedimiento e indicadores que permitan

estimar el comportamiento de la fruta en almacenamiento/destino, tanto almacenadas o enviadas en atmósfera normal y controlada.

6.1. ENSAYOS 2010 - 2013

Para ejecutar el trabajo se seleccionaron 42 sitios plantados en diferentes condiciones de clima, topografía y suelo, de manera de poder relacionar condiciones de precosecha con la vida postcosecha de la fruta, a través de experimentos que simulan los envíos de fruta a mercados distantes en atmósfera regular.

Los 42 sitios experimentales estuvieron conformados por al menos 6 plantas homogéneas de la variedad 'Hass' sobre patrón Mexicola, a las que se les midió Fe, Ca, Zn, B, N, K, en hoja (marzo) y en fruto (cosecha); porcentaje de brote silépticos; nivel de clorofila en las hojas a través de SPAD; temperatura máxima media de enero; temperatura mínima media de julio; evapotranspiración potencial; altitud; exposición; agua aplicada, edad de la fruta, vigor, entre otros.

Para evaluar la vida postcosecha de los distintos sitios, la fruta se almacenó en frío (4 a 5°C) en atmósfera regular por 25; 35 y 45 días, y posteriormente la fruta fue mantenida a 20°C por un período que permita adquirir una firmeza de consumo (2-3 Lbf de firmeza). A la salida de frío y madurez se evaluó firmeza, color, incidencia de desórdenes fisiológicos y pudriciones.

Los datos recolectados durante las tres temporadas se analizaron a través de diferentes procedimientos estadísticos. Como primer paso se depuraron variables a través de regresiones simples y análisis por componentes principales PCA el cual consiste en un método de explicación de varianza multivariante mediante algoritmo NIPALS. Como segundo paso se desarrollaron modelos predictivos a través de regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS). El método de análisis es un modelo soft modelink que no obedece al modelamiento tradicional y no requiere supuestos buscando todas las posibles correlaciones entre la matriz X (variables de precosecha), Y (variables de calidad y condición de postcosecha) simultáneamente.

6.1.1. Relación entre los diferentes indicadores de vida útil de la fruta

Los indicadores de vida útil de la fruta estudiados fueron: firmeza de la fruta a la salida de almacenaje en frío (**Foto 6.1**), duración de la fruta en mostrador; porcentaje de fruta que la epidermis vira a negro a la salida de almacenaje en frío (**Foto 6.2**), y porcentaje de fruta con pardeamiento de pulpa y vascular a madurez de consumo. Existe una muy alta relación entre la firmeza de la fruta y los días de duración en mostrador, lo que significa que estos indicadores de vida en postcosecha están afectando por parámetros fisiológicos similares, posiblemente



Foto 6.1. Medición de firmeza de la fruta.

Niveles de firmeza en palta: 60 a 50 Lbf = firmeza de la fruta a cosecha; 1 a 2 Lbf = firmeza a consumo (la palta se puede moler); y sobre 30 Lbf a la salida de frío es una con adecuada firmeza para ser comercializada.



Foto 6.2. Viraje de color a negro de la epidermis a la salida de frío.

En este estudio se considero fruta virada a negro en las notas 4 y 5.

asociados a características de la pared celular (**Figura 6.1**). El viraje a negro del color de la epidermis está relacionado con la firmeza pero en menor magnitud que los días de duración en mostrador. La fruta que tiene una mayor tendencia a virar de color su epidermis durante el almacenamiento en frío es la que tiene firmeza menores a 30 Lbf y la fruta que presenta alguna posibilidad de tener pardeamiento de pulpa y vascular es la que tiene firmeza inferior a 45 Lbf. En un estudio realizado en EE.UU se determinó que los principales problemas a la llegada a puerto son principalmente el ablandamiento de la fruta, seguido por antracnosis (Capellini *et al.*, 1988). Esto coincide por lo reportado por Nelson *et al.* (2001) quienes señalan que el mayor problema de calidad en el cv. 'Hass' es el ablandamiento y el pardeamiento de pulpa al momento de llegar a puerto.

Los datos utilizados en este análisis son 366 puntos después de 35 días almacenado en frío entre 4 -5°C y 366 puntos después de 45 días almacenado en frío a 5°C.

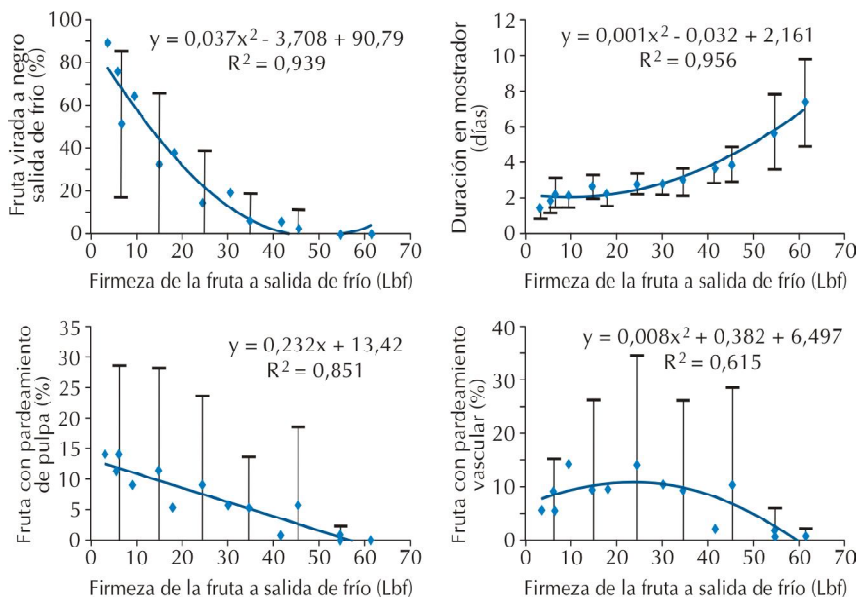


Figura 6.1. Relación entre la firmeza de la fruta a la salida de frío; viraje de color de la epidermis a la salida de frío y el pardeamiento de pulpa y vascular en mostrador.

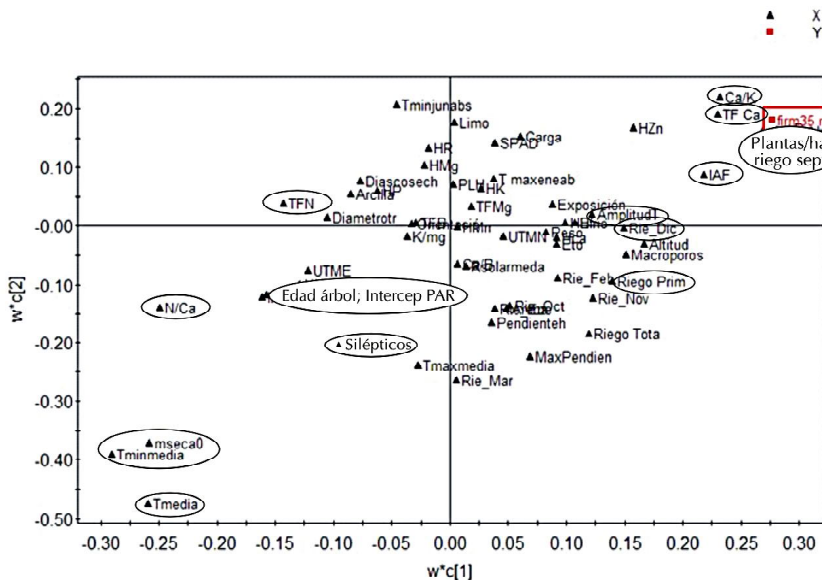
6.1.2. Factores de precosecha que afectan la calidad de postcosecha de la palta

Es conocido que el comportamiento de la fruta en postcosecha es el resultado de la combinatoria de la genética más el efecto del entorno, y de esta manera se conforma una matriz multifactorial con numerosas interacciones que finalmente se reflejan en productividad y calidad. De esta manera, reconociendo que los procesos son de una complejidad significativa, en la cual los factores confluyen en diferentes maneras. La propuesta de este trabajo ha sido estudiar los diversos enfoques en forma secuencial de manera de ir dilucidando el nivel de aporte en las respuestas, y en cierta manera jerarquizándolo. Por lo indicado, a partir de la información generada y utilizando modelos predictivos (PLS), se pudo conocer y jerarquizar los factores de precosecha que más afectan la calidad y condición de la fruta en postcosecha.

En la **Figura 6.2** se presentan los modelos PLS desarrollados para predecir la firmeza de la fruta a la salida de frío (Lbf) después de estar almacenada durante 35 y 45 días en frío (4-5°C), lo cual simula una condición de viaje en barco (sin tecnología complementaria) a diferentes destinos.

Los factores que están afectando la firmeza de la fruta a la salida de frío son los que tienen más importancia de las variables en la proyección. En este modelo se aprecia que los factores que más afectan la firmeza de la fruta en orden son la materia seca de la fruta a cosecha (msec0); la temperatura mínima media (Tminmedia); la cantidad de agua aplicada en primavera, septiembre (agua septiembre); el índice de área foliar (IAF); la densidad de plantas por hectáreas (plantporha); la intercepción de radiación fotosintéticamente activa (intercepci); porcentaje de brotes silépticos (silépticos) la amplitud térmica (amplitudT); la temperatura media (Tmedia); altitud del huerto sobre el nivel del mar; la relación N/Ca que presenta la pulpa a cosecha (N/Ca); la concentración de Ca en la pulpa a la cosecha (TF Ca) y la relación Ca/K en la pulpa a la cosecha (Ca/K) (variables hacia los extremos del modelo PLS).

En general las variables "X" que están en el mismo cuadrante que la variable "Y", la afecta en forma directa a la firmeza. Por el contrario, las



SIMCA-P+ 12 - 2012-07-25 10:15:14 (UTC-4)

Figura 6.2 a. Modelo PLS desarrollado para predecir la firmeza que tendría la fruta después de estar 35 días almacenada en frío (4-5°C).

Firm35= Firmeza de la fruta a la salida de frío después de estar 35 días almacenada a 5°C. El valor más alto indica que la fruta presenta una mayor firmeza a la salida de frío. Las variables "x" que esta hacia los extremos influye sobre la variable "y". Las variables "x" en el mismo cuadrante de la variable "y" afectan directamente y la del cuadrante opuesto inversamente. Por lo cual, el modelo indica que a mayor nivel de calcio en la pulpa (TFCa), mayor índice de área foliar (IAF), mayor densidad de plantas por hectáreas la fruta (Plantp), altitud del huerto (altitud) y mayor amplitud térmica (amplituT) la fruta tendrá una mayor firmeza; vida en mostrador y menor viraje de color de la epidermis a la salida de frío. Por otra parte el modelo PLS indica que mientras mayor es la materia seca (msecad), la relación N/Ca que presenta la pulpa a la cosecha, mayor porcentaje de brotes silépticos (Silépticos), mayor edad del huerto (edadarbole) y paso a través del follaje la radiación fotosintéticamente activa (intercep) menor será la firmeza, vida útil en mostrador y mayor viraje de color de la epidermis de la fruta a la salida de frío. En el caso de las temperaturas y agua aplicada en septiembre los valores bajo como altos afectan las variables "Y" como se mostrara más adelante. Significancia R₂y= 0,53; Explicación Q₂ = 0,35 N = 366 en cada una de las tres temporadas

variables "X" que están en el cuadrante contrario a la variable "Y" (firmeza) la afecta en forma inversa. Por lo cual, el modelo indica que a mayor nivel de calcio en la pulpa, mayor índice de área foliar, mayor densidad de plantas por hectáreas, altitud del huerto y mayor amplitud térmica la fruta tendrá una mayor firmeza a la salida de frío. Por otra

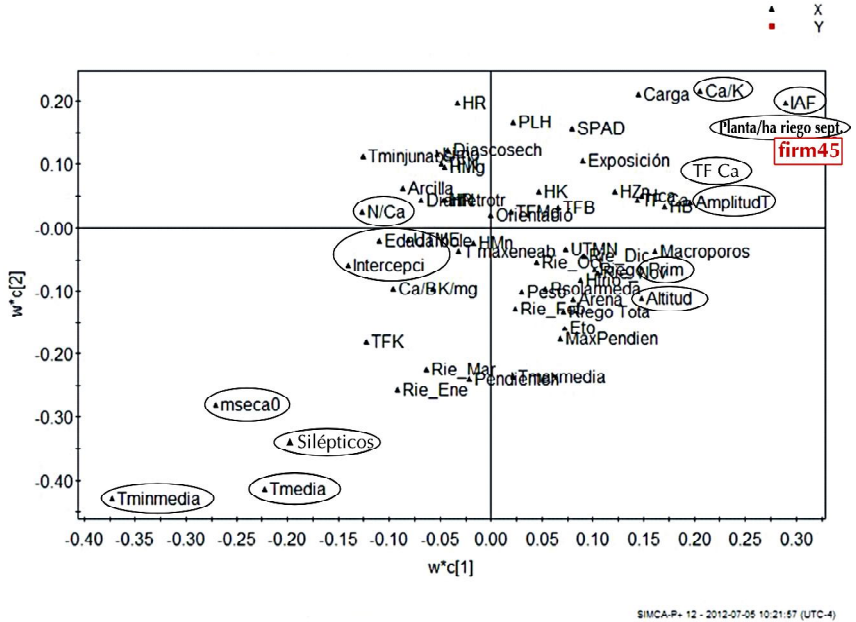


Figura 6.2 b. Modelo PLS desarrollado para predecir la firmeza que tendría la fruta después de estar 45 días almacenada en frío (4-5°C).

Firm45= Firmeza de la fruta a la salida de frío después de estar 45 días almacenada a 5°C. El valor más alto indica que la fruta presenta una mayor firmeza a la salida de frío. Las variables "x" que esta hacia los extremos influye sobre la variable "y". Las variables "x" en el mismo cuadrante de la variable "y" afectan directamente y la del cuadrante opuesto inversamente. Por lo cual, el modelo indica que a mayor nivel de calcio en la pulpa (TFCa), mayor índice de área foliar (IAF), mayor densidad de plantas por hectáreas la fruta (Plantp), altitud del huerto (altitud) y mayor amplitud térmica (amplituT) la fruta tendrá una mayor firmeza; vida en mostrador y menor viraje de color de la epidermis a la salida de frío. Por otra parte el modelo PLS indica que mientras mayor es la materia seca (mseca0), la relación N/Ca que presenta la pulpa a la cosecha, mayor porcentaje de brotes silépticos (Silépticos), mayor edad del huerto (edadarbole) y paso a través del follaje la radiación fotosintéticamente activa (intercepci) menor será la firmeza, vida útil en mostrador y mayor viraje de color de la epidermis de la fruta a la salida de frío. En el caso de las temperaturas y agua aplicada en septiembre los valores bajo como altos afectan las variables "Y" como se mostrará más adelante. Significancia $R^2y = 0,44$; Explicación $Q^2 = 0,27$ N = 366 en cada una de las tres temporadas.

parte el modelo PLS indica que mientras mayor es la materia seca, la relación N/Ca que presenta la pulpa a la cosecha, mayor porcentaje de brotes silépticos, mayor edad del huerto y paso a través del follaje de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) menor será la firmeza de la fruta a la salida de frío. En el caso de las temperaturas y agua aplicada

en septiembre los valores bajo como altos afectan la firmeza de la fruta a la salida de frío como se mostrará más adelante.

Los resultados de este trabajo concuerdan con lo informado por diferentes autores respecto al efecto del calcio, el que es afectado por el exceso de vigor de los brotes durante el período de división celular (nitrógeno), y déficit o exceso de agua en primavera, que afectan el transporte del calcio desde el suelo a los puntos de crecimiento. En este trabajo también se observa que hay factores climáticos y de desarrollo de la canopia que están afectando la firmeza de la fruta y vida de la fruta en mostrador (Figura 6.2). Los factores de clima (temperaturas), nitrógeno, edad del árbol y altitud están determinando los días que la fruta demora en lograr los niveles de materia seca recomendados para la cosecha, que junto con los niveles de aceites en la fruta (materia seca) a cosecha y edad del árbol están siendo un estimador de la edad de la fruta. La fruta con más edad presenta en general las paredes de sus células más deterioradas, y por lo tanto afectarían la vida de postcosecha. Mientras más tiempo permanezca el fruto en el árbol éste continúa su crecimiento, luego el contenido de algunos minerales decrece, lo que conlleva a una inestabilidad de las membranas celulares lo que facilita el desarrollo de desórdenes fisiológicos en postcosecha (McOine y Wolstenholme, 1982). Según Dixon *et al.* (2003), en una investigación realizada con cv Hass en Nueva Zelanda, se reporta que la calidad de la fruta en postcosecha es inferior cuando es cosechada tarde en la temporada.

Como aparece en la Figura 6.2, el desarrollo de la canopia también es un factor importante en la condición y vida útil de la fruta en postcosecha. Esto podría estar relacionado con el nivel de carbohidratos en la fruta (fotosíntesis), ya que éstos son importantes en términos de calidad de la fruta, ya que se necesitan para la respiración y maduración normal (Tesfay, 2009). La cantidad de hidratos de carbono disponible para la respiración en el momento de la cosecha tendrá un impacto sobre la vida útil y posiblemente también en la calidad en términos de desórdenes fisiológicos, especialmente si la fruta se somete a largos períodos de baja temperatura necesarios para el envío a mercados distantes. El contenido de carbohidratos neto de la fruta a la cosecha depende la fotosíntesis, y ésta del tamaño de la canopia, nutrición y suministro hídrico al árbol. Por lo cual hay que tener huertos con una

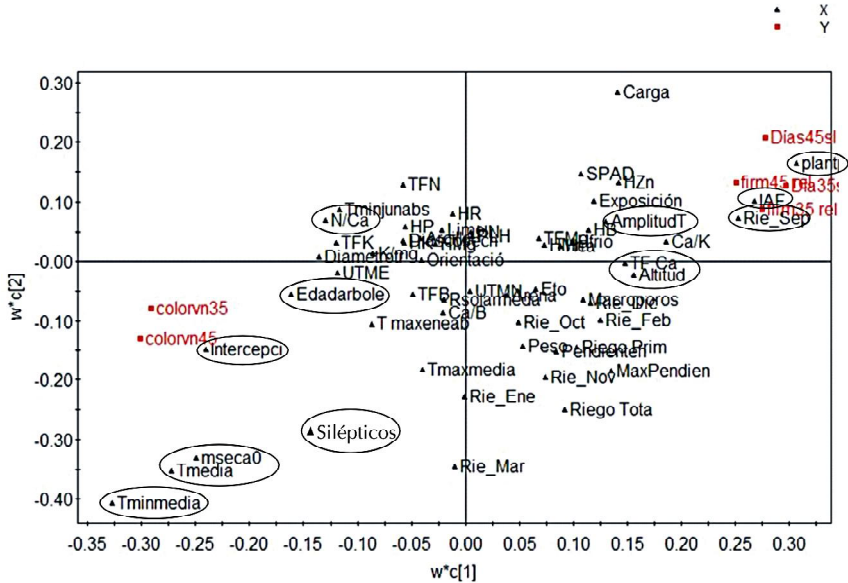
adecuada canopia, pero no con excesivo vigor en primavera, para lograr fruta de adecuada condición y vida útil en postcosecha.

La mayoría de los factores que afectan la firmeza a la salida de frío son los mismos que afectan la vida de la fruta en mostrador y viraje de color de la epidermis de la fruta a la salida de frío como se observa en la **Figura 6.3**. En esta figura se presentan las variables "Y" firmeza; viraje de color de la epidermis de la fruta a la salida de frío y la vida de la fruta en mostrador en un mismo análisis PLS. En la Figura 6.3 se observa que las variables que afectan el viraje de color de la epidermis de la fruta y duración en mostrador son las mismas que afectan a la firmeza de la fruta a la salida de frío. Esto es concordante con la información mostrada en la Figura 6.1 donde se aprecia que existe una relación importante entre firmeza de la fruta, vida de la fruta en mostrador y viraje de color de la epidermis.

Respecto a los desórdenes fisiológicos los modelos presentaron ajustes menores que para los otros indicadores de calidad y condición en postcosecha. Esto se puede deber a que el porcentaje de fruta que presenta desórdenes fisiológico es bajo por lo cual la muestra de fruta a analizar debiera ser mayor.

En la **Figura 6.4** se presenta un modelo conceptual donde se aprecian los factores que afectan la condición y vida útil de la fruta obtenidas en los análisis PLS.

En resumen los factores que afectan la condición de la fruta en postcosecha podrían estar relacionados con el estado de la pared celular, la edad de la fruta y los niveles de carbohidrato. El estado de la pared celular estaría relacionado con los niveles de calcio en pulpa a cosecha, que a su vez podrían depender de los niveles de nitrógeno en pulpa y del suministro hídrico en primavera. La edad de la fruta, de las condiciones climáticas y el contenido de materia seca a cosecha. El nivel de carbohidratos, con el índice de área foliar que a su vez dependería de factores de manejo como nutrición, riego, suelo etc. Por lo tanto es posible utilizar indicadores como calcio y nitrógeno en pulpa, edad de la fruta, materia seca e índice de área foliar (vigor) como indicadores para predecir la condición de la fruta en postcosecha.



SIMCA-P1-12 - 2012-07-05 11:30:32 (UTC-4)

Figura 6.3. Modelo PLS desarrollado para predecir la firmeza, viraje de color de la epidermis de la fruta a la salida de frío y la vida de la fruta en mostrador que tendría la fruta después de estar 35 y 45 días almacenada en frío (4-5°C) en atmósfera normal.

Colorvnb35 = viraje de color de la epidermis de la fruta a la salida de frío después de 35 días almacenada en frío; Colorvnb45= viraje de color de la epidermis de la fruta a la salida de frío después de 45 días almacenada en frío; El valor más alto (100%) indica que toda la fruta presenta la epidermis verde a la salida de frío. Dias35sl = vida de la fruta en mostrador después de estar 35 días almacenada en frío. Dias45sl = vida de la fruta en mostrador después de estar 45 días almacenada en frío. El valor más alto indica que la fruta presenta una mayor duración en mostrador. Firm35= Firmeza de la fruta a la salida de frío después de estar 35 días almacenada a 5°C. Firm45= Firmeza de la fruta a la salida de frío después de estar 45 días almacenada a 5°C. El valor más alto indica que la fruta presenta una mayor firmeza a la salida de frío. Las variables "x" que esta hacia los extremos influye sobre la variable "y". Las variables "x" en el mismo cuadrante de la variable "y" afectan directamente y la del cuadrante opuesto, inversamente. Por lo cual, el modelo indica que a mayor nivel de calcio en la pulpa (TFCa), mayor índice de área foliar (IAF), mayor densidad de plantas por hectáreas la fruta (Plantp), altitud del huerto (altitud) y mayor amplitud térmica (amplituT) la fruta tendrá una mayor firmeza; vida en mostrador y menor viraje de color de la epidermis a la salida de frío. Por otra parte, el modelo PLS indica que mientras mayor es la materia seca (mseca0), la relación N/Ca que presenta la pulpa a la cosecha, mayor porcentaje de brotes silépticos (Silépticos), mayor edad del huerto (edadarbole) y paso a través del follaje la radiación fotosintéticamente activa (intercepci) menor será la firmeza, vida útil en mostrador y mayor viraje de color de la epidermis de la fruta a la salida de frío. En el caso de las temperaturas y agua aplicada en septiembre los valores bajo como altos afectan las variables "Y" como se mostrará más adelante. Significancia R2y= 0,44; Explicación Q2 = 0,31 N = 366 en cada una de las tres temporadas.

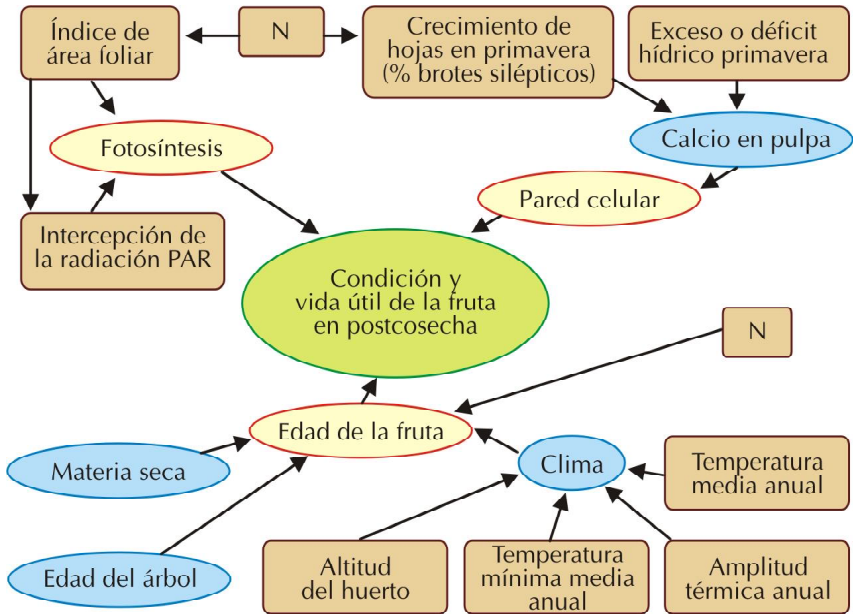


Figura 6.4. Modelo conceptual de los factores que afectan la firmeza; viraje de color de la epidermis y la vida de la fruta en mostrador de la fruta a la salida de frío almacenada en atmósfera normal.

6.1.3. Valores límites de indicadores que afectan la calidad y condición de postcosecha de la palta en atmósfera normal

Para definir la magnitud y el rango en que varían las diferentes variables independientes estudiadas se realizaron regresiones simples. Jarvis (1976) estudió fenómenos influenciados por un gran número de variables, como es la conductancia estomática y la actividad fotosintética en los vegetales, y lo que propone es que este tipo de fenómenos presentan un modelo de dispersión, llamada también nube de datos, señalando que para que se genere esta nube de datos se requiere de un gran espectro de mediciones. Este modelo de dispersión forma un límite superior relativamente claro y definible donde se concentran los casos que indica la respuesta a la variable estudiada, cuando las otras variables no son limitantes. Lo que se encuentra por debajo de este límite

son variables dependientes que son influenciadas por otros factores no necesariamente por la variable independiente estudiada.

En la **Figura 6.5** se presentan a modo de ejemplo, algunas de las regresiones realizadas para las variables más importantes detectadas en los análisis multivariante con regresiones PLS. En todas ellas se observa un modelo de dispersión formando un límite superior relativamente claro

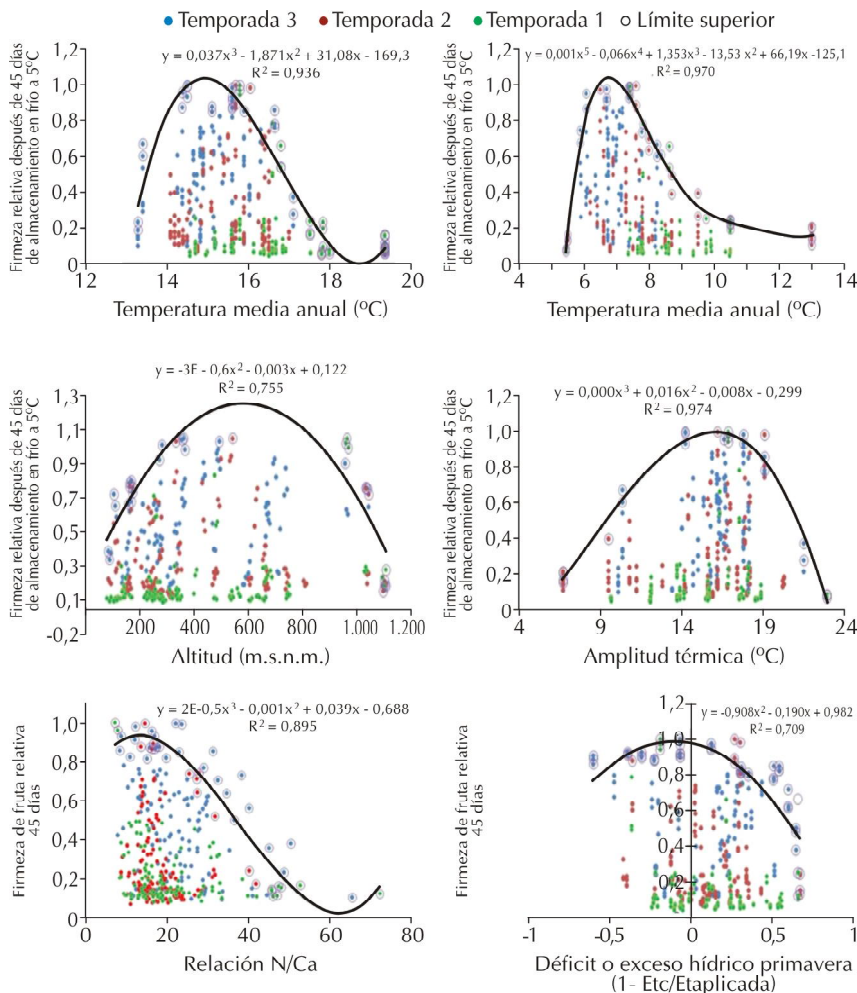


Figura 6.5. Regresiones simples de variables climáticas, nutricionales y agua que afectan la calidad y condición de la fruta en postcosecha.

y definible. A partir de estos análisis se obtuvieron límites donde la posibilidad de encontrar fruta de mejor condición y mayor vida útil. Los valores obtenidos antes indicados aparecen en el **Tabla 6.1**.

Tabla 6.1. Límites donde la posibilidad de encontrar fruta de mejor condición y mayor vida útil.

Indicadores	Mayor riesgo	Menor riesgo
Materia seca a cosecha (%)	>27,5	<27,5
Temperatura mínima media (°C)	<6 - >8	6 - 8
Déficit de agua aplicada en primavera (%) (sep) (L agua aplicada/Etc)	>0,4	<0,4
Excesos de agua aplicada en primavera	>0,35	<0,35
Intercepción radiación follaje (PAR bajo/sobre follaje) (%)	>18	<18
Amplitud térmica (°C)	<14 - >19	14 - 19
Temperatura media (°C)	<14,5 - >16,5	14,5 - 16,5
Relación N/Ca a cosecha	>22	<22
Ca pulpa a cosecha (%)	<0,06	>0,06
Altitud (m.s.n.m)	<240 - >900	240 - 900
Período entre floración (días)	>360	<360
Edad de los árboles (años)	>10	<10
N en pulpa a cosecha (%)	>1,1	<1,1

La información reportada en el Tabla 6.1 puede ser utilizada para estimar con antelación la condición y vida útil de la fruta en postcosecha, de acuerdo al número de variables en condición de alto riego y a su importancia. En resumen, a partir de esta información se pueden tener valores para poder segregar lotes de fruta de acuerdo a su destino, a partir de los niveles de calcio, nitrógeno, relación N/Ca, edad de la fruta y contenido de materia seca a cosecha.

6.2. ENSAYOS 2012 - 2014

Para ejecutar esta parte del trabajo se seleccionaron 12 sitios plantados en diferentes condiciones de clima, topografía y suelo, de manera de poder relacionar condiciones de precosecha con la vida postcosecha de la fruta, a través de experimentos que simulan los envíos de fruta a mercados distantes en atmósfera regular (o normal) y controlada, siendo esta última la principal tecnología para complementar el uso de frío.

Para evaluar la vida postcosecha de los distintos sitios, la fruta se almacenó en frío (4 a 5°C) en atmósfera controlada (CO₂ 6% y O₂ 4%), y normal por 40 y 55 días. Posteriormente la fruta fue mantenida a 20°C por un período que permita adquirir una firmeza de a 2-3 Lbf (madurez de consumo). Los datos recolectados, durante las dos temporadas (2012/2013 y 2013/2014) se analizaron a través los mismos procedimientos estadísticos indicados en el punto 6.1.

6.2.1. Factores de precosecha que afectan la calidad de postcosecha de la palta

En estos ensayos se pudo comprobar que en general los mismos factores de precosecha ya analizados afectaron la condición de postcosecha de la fruta almacenada en frío con atmósfera normal en las temporadas 2012-2014. En el PLS presentado en la **Figura 6.6** se muestran los factores que más afectaron la firmeza de la fruta en postcosecha en estas nuevas temporadas.

Como se explicó en el capítulo "Tecnologías de postcosecha en palta Hass" de este boletín, el uso de atmósfera controlada presenta una serie de beneficios respecto al uso de atmósfera regular, especialmente con períodos prolongados de almacenamiento/envío como de 55 días. Estas ventajas se traducen en una mejor firmeza de pulpa a salida de frío, menor viraje de color de cáscara y menor incidencia de problemas fisiológicos, entre otros (**Tabla 6.2**). Además, basados en la desviación de los datos respecto al promedio para cada variable medida, es posible concluir que el uso de atmósfera controlada además disminuiría la heterogeneidad respecto a la fruta almacenada en atmósfera regular.

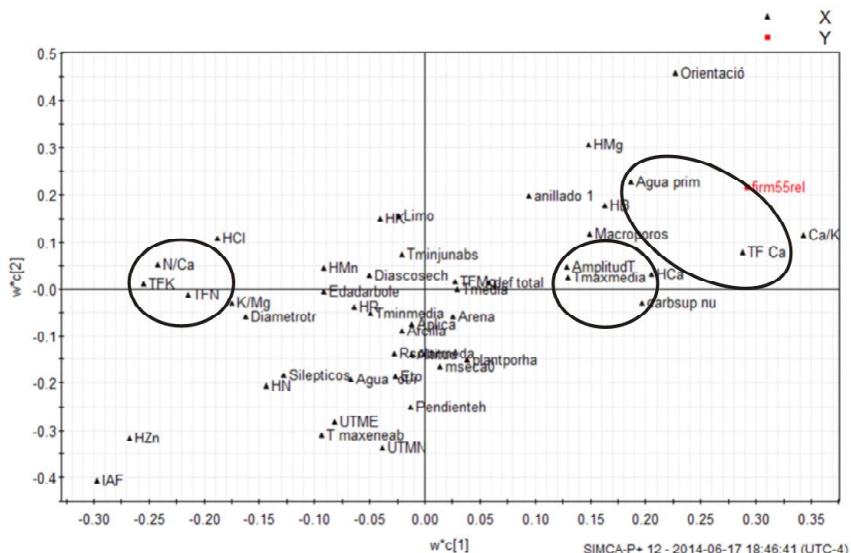


Figura 6.6. Modelo PLS desarrollado para predecir la firmeza, que tendría la fruta después de estar 55 días almacenada en frío (4-5°C) en atmósfera normal.

Firm55rel = Firmeza de la fruta a la salida de frío después de estar 55 días almacenada a 5°C en atmósfera normal. El valor más alto indica que la fruta presenta una mayor firmeza a la salida de frío. Las variables "x" que está hacia los extremos influye sobre la variable "y". Las variables "x" en el mismo cuadrante de la variable "y" afectan directamente y la del cuadrante opuesto inversamente. Por lo cual, el modelo indica que a mayor nivel de calcio en la pulpa (TFCa), altitud del huerto (altitud) y mayor amplitud térmica (amplitudT) la fruta tendrá una mayor firmeza. Por otra parte el modelo PLS indica que mientras mayor es la relación N/Ca que presenta la pulpa a la cosecha, mayor porcentaje de brotes silépticos (Silépticos), mayor edad del huerto (edadarbole) y paso a través del follaje la radiación fotosintéticamente activa (intercepci) menor será la firmeza, vida útil en mostrador y mayor viraje de color de la epidermis de la fruta a la salida de frío. En el caso de las temperaturas y agua aplicada en septiembre los valores bajo como altos afectan las variables "Y" como se mostrara más adelante. Significancia R2y= 0,49; Explicación Q2 = 0,25 N = 366 en cada una de las dos temporadas.

Tabla 6.2. Atributos de calidad y condición en palta "Hass" almacenada en atmósfera regular (AR) y atmósfera controlada (AC) por 40 y 55 días a 5°C. Los valores corresponden al promedio de los 12 huertos ± desviación estándar.

	Firmeza (Lbf)	Pardeamiento pulpa (%)	P. vascular (%)	Viraje de color (%)	Pudriciones (%)
AR-40 días	10,1 ± 8	13,2 ± 17,6	21,4 ± 24,1	3,4 ± 0,37	0 ± 0
AC-40 días	57,3 ± 4,5	0 ± 0,02	1,6 ± 4,5	3,5 ± 0,46	0,6 ± 1,6
AR-55 días	4 ± 1,8	20,2 ± 27,7	41,7 ± 28,4	3,3 ± 0,3	30,5 ± 36
AC-55 días	27,3 ± 13,5	0 ± 0	4,2 ± 12,9	3,5 ± 0,47	2,5 ± 6

En la **Figura 6.7** se analiza la relación entre los factores de precosecha y la firmeza a la salida de frío bajo almacenamiento en atmósfera controlada. En esta figura se observa que los factores de precosecha que afectaban la postcosecha en atmósfera normal, como Ca y N en pulpa, clima, materia seca, e IAF, tienen muy poca influencia sobre la variable firmeza. Sólo se mantienen como factores importantes el nivel de agua aplicado y aparece otro factor como el nivel de Mg en pulpa.

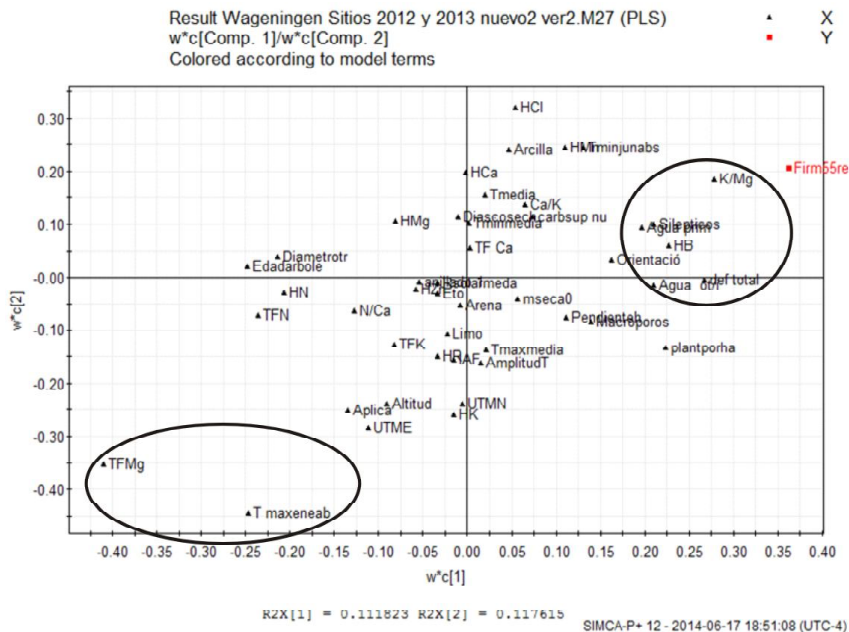


Figura 6.7. Modelo PLS desarrollado para predecir la firmeza, que tendría la fruta después de estar 55 días almacenada en frío (4 - 5°C) en atmósfera controlada.

Firm55rel = Firmeza de la fruta a la salida de frío después de estar 55 días almacenada a 5°C en atmósfera controlada. El valor más alto indica que la fruta presenta una mayor firmeza a la salida de frío. Las variables "x" que está hacia los extremos influye sobre la variable "y". Las variables "x" en el mismo cuadrante de la variable "y" afectan directamente y la del cuadrante opuesto inversamente. Por lo cual, el modelo indica que si no hay déficit de agua en la temporada (deftotal) y en primavera (aguaprim) existe un buen número de brotes silépticos la fruta presenta una mejor firmeza a la salida de frío. Por otra parte el modelo PLS indica que mientras mayor es el nivel de Mg en pulpa y la temperatura máxima de enero menor es la firmeza a la salida de frío. Significancia R2y= 0,68; Explicación Q2 = 0,45 N = 366 en cada una de las dos temporadas.

LITERATURA CITADA

- Arpaia M.L., Smilanick J., Margosan D., Woolf A. and White, A. 2003. Avocado postharvest quality. Proceedings of the California Avocado Research. Symposium: 125-139. California Avocado Commission.
- Capellini, R.A., Ceponis, M.J. and Lightner, G.W. 1988. Disorders in avocado, mango and pineapple shipments to the New York market, 1972-1985. *Plant Dis.* 72:81-85.
- Dixon, J., Pak, H., Mandemaker, A.J., Smith, D.B. and Elmsly, T.A., Cutting, Jonathan, G.M. 2003. Fruit age management: the key to successful long distance export of New Zealand avocados. *New Zealand Avocado Growers' Association Annual Research Report 3*: 60-65.
- Ferreya, R. y Sellés, G. (ed.). 2007. Manejo del Riego y Suelo en Palto. La Cruz, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 160. 120 p.
- Jarvis, P.G. 1976. The interpretation of the variations in leaf water potential and stomatal conductance found in canopies in the field. *Phil. Trans. R. Soc. London. B.* 273: 593-610.
- McOnie, A.J. and Wolstenholme, B.N. 1982. Avocado fruit growth and maturity in two natal localities. Department of Horticultural Science, University of Natal. *South African Avocado Growers' Association Yearbook 1982.* 5:76-77.
- Nelson R.M., Bezuidenhout, J.J. and Donkin, D.J. 2002. Factors influencing export fruit quality: 2001 season. *South African Avocado Growers' Association Yearbook 25*:54-62.
- Tesfay, S.Z. 2009. Special carbohydrates of avocado - their function as "sources of energy" and "antioxidants". PhD Thesis, University of KwaZulu-Natal, South Africa.